

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



**Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de
Telecomunicación**

TRABAJO FIN DE GRADO

**COMUNICADOR ANDROID Y HERRAMIENTA DE
ANÁLISIS DE USO**

**Adrián Rodado Peribáñez
Tutor: Eduardo Boemo Scalvinoni**

Junio 2018

COMUNICADOR ANDROID Y HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE USO

AUTOR: Adrián Rodado Peribáñez

TUTOR: Eduardo Boemo Scalvinoni

**Digital System Laboratory
Dpto. Tecnología Electrónica y de Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Junio de 2018**

Resumen (castellano)

Este Trabajo Fin de Grado consiste en la implementación y desarrollo de una aplicación para dispositivos *tablets* que dispongan de Android como sistema operativo. El diseño ha sido realizado en colaboración con el *Digital System Laboratory* y un equipo de especialistas del departamento de Apoyo y Orientación del colegio Romero Peña de La Solana, en Ciudad Real, formado por Juana Domínguez Fernández-Arroyo y Josefa García Ariza.

Este proyecto tiene como objetivo facilitar y mejorar la comunicación de niños y adultos con ciertos tipos de discapacidades, tales como parálisis cerebral, autismo, deficiencia intelectual o cualquier otro tipo de trastorno que implique un nivel cognitivo muy bajo y dificulte el lenguaje y la comunicación.

La aplicación consiste en un comunicador interactivo que funciona mediante un sistema de pantallas con una serie de pictogramas. Básicamente es una serie de menús configurables, y es capaz de llevar a cabo una comunicación eficaz mediante la realización de frases útiles de forma visual y auditiva. Los pictogramas son estándares y han sido extraídos del portal ARASAAC [1], conocidos por personas con dificultades comunicativas.

El diseño de la aplicación está dividido en una serie de categorías útiles para la vida cotidiana de las personas con dichas discapacidades disponiendo de una escasa estimulación visual y pocos elementos por pantalla, facilitando su utilización y consiguiendo que sea sencilla, intuitiva y con fácil acceso entre pantallas y pictogramas.

El sistema consta también de un apartado de configuración en el cuál una persona supervisora puede realizar una serie de ajustes de parámetros y llevar un control sobre su propia utilización.

Se encuentra disponible para su descarga en *Google Play Store* de forma gratuita con el nombre “QUIERO DECIRTE...”. Puede localizarse mediante el siguiente código QR y el siguiente enlace:



<https://play.google.com/store/apps/details?id=dslab.quierodecirte>

Abstract (English)

This Final Degree Project consists of the implementation and development of an application for Tablets devices that have Android as an Operating System. The design has been done in collaboration with the Digital System Laboratory and Juana Domínguez Fernández-Arroyo y Josefa García Ariza, the team of specialists from the School Support and Guidance Department Romero Peña from La Solana, in Ciudad Real.

This project aims to facilitate and improve the communication of children and adults with certain types of disabilities, such as cerebral palsy, autism, intellectual disability or any other type of disorders that involves a very low cognitive level and makes language and communication difficult.

The system is an interactive communicator that, through a set of screens with a series of universal pictograms and several configurable menus, is able to carry out an effective communication by making useful phrases visually and aurally. The pictograms are the standards from ARASAAC portal [1], known by people with communication problems.

The design is divided into a series of useful categories for the daily life of people facilitating its use. It is simple, intuitive and the access between screens and pictograms is easy. The application also has a “supersuser” mode, intended for a supervising person. He or her can make a series of parameter adjustments and carry out a control over their own use.

The final product is finished and tested. It is available for download in Google Play Store (free) with the name “QUIERO DECIRTE...”. It can be located using the following QR code and the following link:



<https://play.google.com/store/apps/details?id=dslab.quierodecirte>

Palabras clave (castellano)

Tablet, Android, pictograma, API, discapacidad, comunicación, ARASAAC, autismo, actividad.

Keywords (inglés)

Tablet, Android, pictogram, API, disability, communication, ARASAAC, autism, activity.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecerle a mi tutor Eduardo Boemo por darme la posibilidad de realizar este TFG y por su ayuda y compromiso durante todo el curso.

A toda mi familia, y en especial a mis padres, por todo el apoyo, confianza y comprensión que me han brindado durante toda mi vida, y más durante los cuatro años de carrera que han sido especialmente duros.

A todas las personas maravillosas que he conocido durante los años de carrera, han sido un gran apoyo y han hecho que los días que hemos tenido que pasar enteros en la facultad hayan sido mucho más llevaderos, y por todos los momentos tan inolvidables que hemos pasado juntos.

INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Organización de la memoria.....	2
2	Estado del arte	3
2.1	Introducción.....	3
2.2	Aplicaciones disponibles similares.....	3
2.2.1	AAC Speech Communicator	3
2.2.2	PictoTEA	4
2.2.3	SymboTalk – AAC Talker.....	5
3	Diseño.....	7
3.1	Objetivos de diseño	7
3.2	Requisitos de diseño	7
3.2.1	Sistema Operativo	7
3.2.2	Versiones del Sistema Operativo.....	9
3.2.3	Pantalla	10
3.3	Estructuración de la aplicación.....	11
3.3.1	Pantalla Principal.....	12
3.3.2	Pantallas Secundarias	13
3.3.3	Pantallas de Ajustes	14
4	Desarrollo	17
4.1	Pasos iniciales.....	17
4.2	Herramientas empleadas.....	17
4.3	Partes elementales de una aplicación para Android	18
4.3.1	Actividad	18
4.3.2	Vistas	19
4.3.3	Manifiesto.....	19
4.3.4	Servicio.....	20
4.4	Desarrollo de la Aplicación	20
4.4.1	Primera Versión.....	20
4.4.2	Segunda Versión.....	22
4.4.3	Tercera Versión	25
4.5	Clases desarrolladas en la Aplicación	26
5	Integración, pruebas y resultados	29
5.1	Integración.....	29
5.1.1	Generación del archivo APK.....	29
5.1.2	Publicación de la Aplicación	29
5.2	Pruebas	29
5.3	Resultados.....	30
6	Conclusiones y trabajo futuro.....	34
6.1	Conclusiones.....	34
6.2	Trabajo futuro	35
	Referencias	37
	Glosario	39
	Anexos.....	I
A	Manual de la aplicación.....	I
B	Pantallas de la aplicación.....	III

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: LOGO AAC SPEECH COMUNICATOR	4
FIGURA 2-2: LOGO PICTOTEA	5
FIGURA 2-3: LOGO SYMBO TALK – AAC TALKER	6
FIGURA 3-1: SISTEMAS OPERATIVOS MÁS VENDIDOS PARA TABLETS	8
FIGURA 3-2: SISTEMAS OPERATIVOS MÁS VENDIDOS PARA TABLETS Y TELÉFONOS MÓVILES	8
FIGURA 3-3: PORCENTAJES DE LAS VERSIONES DE ANDROID DE LOS DISPOSITIVOS ACTUALES	9
FIGURA 3-4: RELACIÓN ENTRE LOS TAMAÑOS DE PANTALLA Y SUS DENSIDADES DE PÍXELES	10
FIGURA 3-5: ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE PANTALLAS DE LA APLICACIÓN	11
FIGURA 3-6: DISEÑO DE LA PANTALLA PRINCIPAL.....	12
FIGURA 3-7: DISEÑO DE LA PANTALLA SECUNDARIA PREDETERMINADA DE ALIMENTOS	13
FIGURA 3-8: DISEÑO DE LA PANTALLA SECUNDARIA PERSONALIZABLE DE ALIMENTOS CON EJEMPLOS	14
FIGURA 3-9: DISEÑO DE LA PANTALLA DE ACCESO A LOS AJUSTES	15
FIGURA 3-10: PANTALLA DE AJUSTES	15
FIGURA 4-1: CICLO DE VIDA DE UNA ACTIVIDAD.....	19
FIGURA 4-2: ENTORNO DE DISEÑO DE LAS ACTIVIDADES DE ANDROID STUDIO.....	21
FIGURA 4-3: IMPLEMENTACIÓN DE LAS FUNCIONES DE CONVERSIÓN DE IMÁGENES CADENA DE TEXTO A MAPAS DE BITS Y VICEVERSA.....	22
FIGURA 4-4: IMPLEMENTACIÓN DE FIREBA ANALYTICS EN ANDROID STUDIO	25
FIGURA 4-5: FICHEROS JAVA IMPLEMENTADOS EN EL PROYECTO	28
FIGURA 5-1: ALUMNOS DEL COLEGIO ROMERO PEÑA PROBANDO LA APLICACIÓN.....	30
FIGURA 5-2: ANALÍTICAS GENERALES PROPORCIONADAS POR LA HERRAMIENTA FIREBASE ANALYTICS	31
FIGURA 5-3: GRÁFICO DEL PORCENTAJE DEL USO TOTAL MEDIO DE CADA PANTALLA	31
FIGURA 5-4: GRÁFICO DEL TIEMPO MEDIO EN SEGUNDOS QUE PASAN LOS USUARIOS EN CADA PANTALLA.....	32
FIGURA 5-5: GRÁFICOS DE LAS INTERACCIONES DE LOS USUARIOS EN LAS PANTALLAS	32

FIGURA 5-6: ANALÍTICAS DE INSTALACIONES Y DESINSTALACIONES PROPORCIONADOS POR GOOGLE PLAY	32
FIGURA 5-7: ANALÍTICAS DE LOS USUARIOS DE LA APLICACIÓN SEGÚN SU VERSIÓN DE ANDROID 33	
FIGURA B-1: PANTALLA PRINCIPAL – PANTALLA DE ALIMENTOS PREDETERMINADA – PANTALLA DE ALIMENTOS PERSONALIZABLE.....	III
FIGURA B-2: PANTALLA DE PERSONAS PREDETERMINADA – PANTALLA DE PERSONAS PERSONALIZABLE – PANTALLA DE LUGARES PREDETERMINADA.....	III
FIGURA B-3: PANTALLA DE LUGARES PERSONALIZABLE – PANTALLA DE OBJETOS PREDETERMINADA – PANTALLA DE OBJETOS PERSONALIZABLE.....	III
FIGURA B-4: PANTALLA DE ASEO PREDETERMINADA – PANTALLA DE ASEO PERSONALIZABLE – PANTALLA DE INTERACCIÓN PREDETERMINADA.....	III
FIGURA B-5: PANTALLA DE INTERACCIÓN PERSONALIZABLE – ANALÍTICAS DE LOS PICTOGRAMAS DE LA CATEGORÍA DE ALIMENTOS – ANALÍTICAS DE LOS PICTOGRAMAS DE LA CATEGORÍA DE PERSONAS	IV
FIGURA B-6: ANALÍTICAS DE LOS PICTOGRAMAS DE LA CATEGORÍA DE OBJETOS – ANALÍTICAS DE LOS PICTOGRAMAS DE LA CATEGORÍA DE LUGARES – ANALÍTICAS DE LOS PICTOGRAMAS DE LA CATEGORÍA DE ASEO.....	IV
FIGURA B-7: ANALÍTICAS DE LOS PICTOGRAMAS DE LA CATEGORÍA DE INTERACCIÓN – PANTALLA DE GRABACIÓN DE VOZ – INTERFAZ DE SELECCIÓN DE NUEVAS IMÁGENES	IV
FIGURA B-8: INTERFAZ DE SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE NUEVAS IMÁGENES – PANTALLAS DE AJUSTES	IV
FIGURA B-9: INTERFAZ DEL MANUAL DE LA APLICACIÓN – INTERFAZ DE ABOUT QUIERO DECIRTE – PANTALLA DE ACCESO A LOS AJUSTES.....	V

1 Introducción

1.1 Motivación

Este Trabajo de Fin de Grado va dirigido especialmente a niños y adultos con una serie de discapacidades que dificultan la comunicación personal y con un nivel cognitivo bajo, particularmente y de forma inicial para los alumnos de la Unidad de Educación Especial del colegio Romero Peña de La Solana, Ciudad Real.

Las personas con algún tipo de discapacidad como la deficiencia intelectual o trastornos del espectro autista, que suponen aproximadamente el 1% de la población mundial actual y cuyo número de casos detectados aumenta considerablemente con el paso de los años, constan de una gran dificultad para llevar a cabo una comunicación efectiva y directa implicando un deterioro en las relaciones sociales y obstaculizando la interacción con cualquier persona.

Muchas de las personas que sufren estas clases de discapacidades pueden llegar a mostrar grandes dificultades en la expresión oral y la comprensión, ya sea mediante la comunicación gestual o la verbal, obstaculizando su expresión e interacción durante la vida cotidiana y pudiendo mostrar también limitaciones y dificultades a la hora de emplear la imaginación y pensar de forma abstracta o simbólica.

Para facilitar y desarrollar las capacidades comunicativas de las personas con ciertas discapacidades que poseen un nivel cognitivo muy bajo, como puede ser el Autismo, mejorando así sus relaciones sociales y su interacción, aparte de apoyo por parte de la sociedad y su ámbito, necesitan un entorno que sea organizado y sencillo, que disponga de pocos estímulos que a su vez sean claros y evidentes, y que facilite su aprendizaje, pudiendo implementarse esta aplicación de forma eficaz en colegios.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es potenciar y facilitar la comunicación y expresión de personas que poseen problemas de lenguaje, cualquier tipo de discapacidad que dificulte la comunicación espontánea o cualquier otro tipo de trastorno que conlleve un desarrollo cognitivo bajo, de una forma interactiva, personalizable y sencilla, centrándonos de una forma más concreta en personas que presentan trastornos del espectro autista.

Para poder favorecer y estimular la comunicación espontánea de este grupo de personas, y mejorar así su autonomía, se ha creado una aplicación para el sistema operativo de Android para dispositivos *tablets* que cumpla la función de comunicador mediante un entorno favorable y útil, presentando una interfaz sencilla, con escasos estímulos y elementos, interactiva y personalizable al usuario, con una utilización intuitiva, simple y cómoda para todas las personas.

La aplicación está basada en una serie de pictogramas universales proporcionados por el Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC), cuyos

diseños son estándar y conocidos por las personas que disponen de discapacidades que dificultan las facultades comunicativas, estando asociado cada pictograma a una categoría correspondiente, siendo diferenciadas mediante colores establecidos, permitiendo al usuario crear frases lógicas que pueden pasar a voz estableciendo así una comunicación efectiva. Tiene un gran nivel de personalización, ya que se pueden ajustar una serie de parámetros y añadir nuevos pictogramas e imágenes a parte de los ya proporcionados para favorecer la comodidad del usuario y el dinamismo de su utilización.

1.3 Organización de la memoria

Para la realización de esta memoria se ha optado por no utilizar la cursiva al utilizar términos técnicos en inglés, nombres de aplicaciones o entornos de trabajo.

La memoria de este proyecto ha sido dividida en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Introducción.
- Capítulo 2: Estado del arte.
- Capítulo 3: Diseño.
- Capítulo 4: Desarrollo.
- Capítulo 5: Integración, pruebas y resultados.
- Capítulo 6: Conclusiones y trabajo futuro.

2 Estado del arte

2.1 Introducción

Según la fundación Autism Speaks [2], el número de casos detectados de trastornos del espectro autista en personas se ha ido incrementando de manera muy notable alrededor del planeta, mencionando que la previsión de casos de niños diagnosticados con esta discapacidad afectaría a 1 de cada 59, suponiendo actualmente que alrededor del 1% de la población mundial sufre algún tipo de trastorno que afecta a la comunicación espontánea. En España, existen aproximadamente 50.000 casos de niños en edad escolar con autismo.

Debido al gran número de personas que sufren este tipo de problemas de comunicación existe una serie de aplicaciones soportadas en diferentes sistemas operativos y clases de dispositivos para poder facilitar y potenciar la comunicación a este grupo de personas.

2.2 Aplicaciones disponibles similares

A continuación, pasaré a presentar algunas de las aplicaciones disponibles más relevantes en este ámbito basadas en los mismos objetivos de mejora y potenciación de la comunicación haciendo uso también de los pictogramas proporcionados por el Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC), comentando sus principales características y funcionamiento.

2.2.1 AAC Speech Communicator

Está disponible para dispositivos cuyo sistema operativo sea Android y únicamente en dos idiomas, inglés y francés, pudiendo descargarse desde la Google Play Store de manera gratuita.

Las características y funcionalidades que ofrece son las siguientes:

- Basada en la creación de frases con una correcta conjugación de verbos en pasado, presente y futuro y con coherencia semántica.
- Posibilidad de pasar las frases elaboradas a voz.
- Gran cantidad de pictogramas de ARASAAC organizados mediante carpetas según la categoría.
- Existe un buscador de pictogramas y un registro de las imágenes utilizadas recientemente.

Tras su prueba y utilización se han observado una serie de aspectos mejorables:

- La interfaz es poco intuitiva.

- La estructuración es pobre y complicada.
- Poco personalizable y no existe la posibilidad de añadir nuevas imágenes.

Esta aplicación se desarrolló en colaboración con ARASAAC por un ingeniero suizo, Vidmantas Zemleris, y cuenta con 50 mil descargas en la Google Play Store [3].



Figura 2-1: Logo AAC Speech Communicator

2.2.2 PictoTEA

Está disponible para su descarga en la Google Play Store de forma gratuita, soportada en dispositivos cuyo sistema operativo sea Android y en español, alemán, francés, italiano y portugués.

Hace uso de los pictogramas de ARASAAC para mayor comodidad del usuario, posibilita la selección de una serie de etapas dependiendo del nivel del usuario, permitiendo, según la etapa seleccionada, aprender a utilizar la aplicación, acceder a todas las categorías de forma independiente para poder divisar todos los pictogramas, e incluso crear frases simples o más complejas con una estructuración correcta para pasarlas a voz al finalizarlas.

Las funcionalidades y características que proporciona al usuario son las siguientes:

- Creación de frases con coherencia semántica y posibilidad de pasarlas a voz.
- Utilización de los pictogramas de ARASAAC.
- Ofrece una interfaz simple, intuitiva y fácil de utilizar.
- Personalizable, ofrece la posibilidad de añadir nuevas imágenes desde el propio dispositivo y categorizarlas.
- Posibilidad de seleccionar distintas etapas para que la funcionalidad y el nivel de la aplicación sean distintos.

Tras su utilización y prueba se han podido encontrar una serie de características que podrían ser mejoradas:

- En algunas pantallas de las distintas etapas de la aplicación su interfaz se vuelve poco accesible e incómoda para poder volver a otras etapas y pantallas.
- No se respeta el color de los bordes de las propias categorías de los pictogramas.
- El acceso a los ajustes se realiza mediante una operación matemática excesivamente simple, pudiendo ocurrir que se establezcan modificaciones no intencionadas.

Esta aplicación ha sido desarrollada por un grupo de cuatro alumnos de la Universidad Tecnológica Nacional de Costa Rica como un proyecto de fin de carrera, y consta de 10 mil descargas en la Google Play Store [4].



Figura 2-2: Logo PictoTEA

2.2.3 SymboTalk – AAC Talker

Está disponible para su descarga en la Google Play Store para dispositivos cuyo sistema operativo sea Android y en la App Store para dispositivos cuyo sistema operativo sea iOS, también está disponible en su página Web para su uso on-line, de forma gratuita, pero sin poder acceder a todas sus funcionalidades, ya que para ello se debe realizar pagos adicionales. La interfaz de usuario está disponible en inglés, español y hebreo, y la locución de las frases creadas en un total de 48 idiomas.

Hace uso de los pictogramas de ARASAAC, su estructuración está dividida en un apartado de modo edición que permite crear tableros personalizables con una serie de pictogramas y un modo usuario que permite crear frases seleccionando pictogramas de una serie de categorías para después pasarlas a voz.

Las características y funcionalidades que destacar son las siguientes:

- Posibilita la creación de frases mediante una gran cantidad de pictogramas para poder después pasarlas a voz.

- Interfaz simple y con pocos estímulos.
- Gran capacidad de configuración, ajustes de parámetros y personalización, pudiendo añadir nuevas imágenes desde el propio dispositivo y modificar la interfaz de usuario.
- Permite el registro de usuarios para mayor comodidad.

Tras su prueba y utilización se han podido apreciar una serie de características que podrían ser mejoradas:

- Las traducciones en algunos idiomas no están perfectamente implementadas, dificultando la posibilidad de crear frases.
- Utilización poco intuitiva.
- La accesibilidad a los diferentes apartados no resulta cómoda.

Esta aplicación ha sido desarrollada por el grupo Elad Elram, y cuenta con mil descargas en la Google Play Store [5].

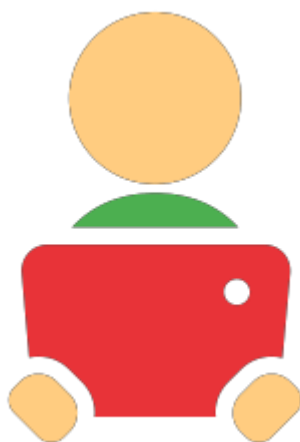


Figura 2-3: Logo SymbolTalk – AAC Talker

3 Diseño

3.1 Objetivos de diseño

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo crear una aplicación para el sistema operativo Android que ayude a facilitar y potenciar la comunicación espontánea de las personas con ciertas discapacidades que implican un nivel cognitivo reducido, para ello, uno de los aspectos más importantes para tener en cuenta durante este proyecto es crear un entorno favorable y eficiente que sea cómodo para el usuario.

Entonces, uno de los aspectos más importantes es el desarrollo de una interfaz de usuario sencilla, intuitiva, cómoda y sin demasiados estímulos para poder centrar la atención en la aplicación y que se desarrolle el objetivo del proyecto de forma eficaz.

El diseño y estructuración de las pantallas implementadas ha sido especificado por un equipo de especialistas de la Unidad de Educación Especial del colegio Romero Peña de La Solana, Ciudad Real, basándose en las necesidades de las personas con dificultades comunicativas como son sus alumnos con discapacidades como el trastorno del espectro autista.

Mediante el diseño desarrollado se consiguen estos propósitos, siendo predecible e intuitivo, de acceso sencillo y con una utilización cómoda sin distracciones y pocos elementos que puedan desviar la atención del usuario durante su utilización para crear frases y poder comunicarse, siendo ideal para personas usuarias con un bajo nivel cognitivo.

3.2 Requisitos de diseño

Para la utilización de la aplicación y su acceso se requieren una serie de requisitos técnicos que serán comentados a continuación.

3.2.1 Sistema Operativo

La especificación creada por el grupo de especialistas de la Unidad de Educación Especial del colegio Romero Peña de La Solana, Ciudad Real, establece que el sistema operativo para el cual será desarrollada la aplicación sea Android, ya que dicho colegio tiene como propósito implementar la aplicación en dispositivos tablets para su uso en el propio centro, siendo estos dispositivos con dicho sistema operativo por lo general más asequibles y accesibles para su adquisición, y ofrece una mayor serie de facilidades para realizar la programación de los desarrolladores.

Mediante la realización de un estudio de mercado podemos observar el porcentaje de tablets según los tres sistemas operativos más utilizados en la actualidad, Android, iOS y Windows, y el porcentaje de tablets y teléfonos móviles según los tres mismos sistemas operativos:

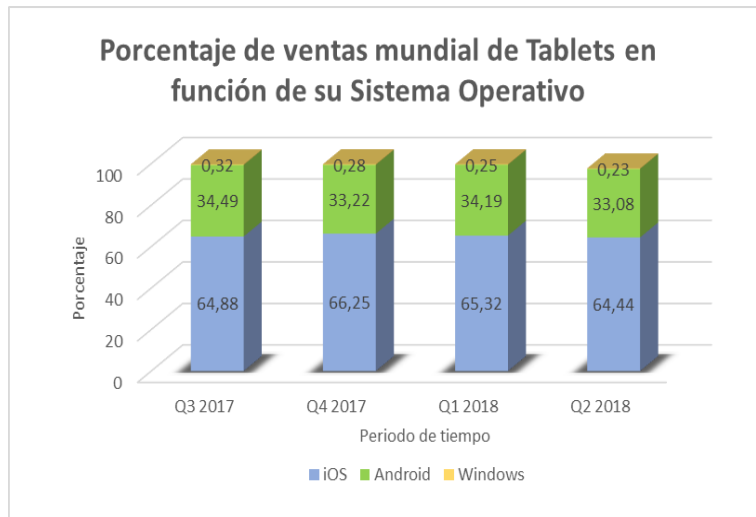


Figura 3-1: Sistemas operativos más vendidos para tablets

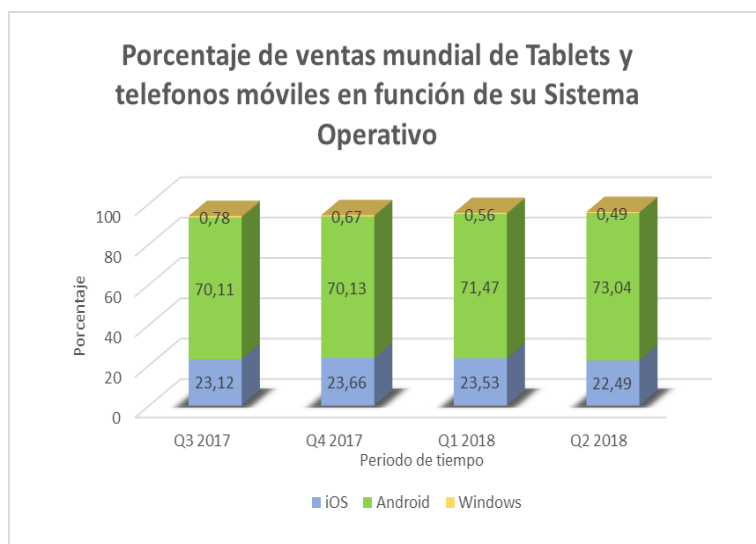


Figura 3-2: Sistemas operativos más vendidos para tablets y teléfonos móviles

Gráficas generadas a partir de los datos de la plataforma StatCounter [6].

De este estudio de mercado podemos apreciar que si analizamos solamente el mercado de tablets llegamos a la conclusión de que está liderado por el sistema operativo iOS, pero si analizamos el mercado de las tablets junto con los teléfonos móviles destaca con gran diferencia el sistema operativo Android, con lo cual con previsión de futuro y de la realización de una futura versión para teléfonos móviles llegaríamos a un mayor público basándonos en Android, quedando excluido el sistema operativo de Windows debido a la baja cantidad de público que podría acceder a la aplicación.

Además de todo esto, la programación sobre Android es más sencilla y accesible, ya que permite a los desarrolladores acceder a una gran cantidad de herramientas, como Android Studio, y facilidades sin coste y con código abierto, pudiendo también realizar pruebas con dispositivos propios y físicos, lo cual acomoda mucho la realización de aplicaciones, a diferencia del desarrollo de aplicaciones sobre iOS, ya que para este sistema operativo las

herramientas de desarrollo son de pago y los dispositivos físicos son menos asequibles en el caso de querer realizar pruebas.

También un dato para tener en cuenta es que, para publicar aplicaciones en las plataformas de distribución como Google Play Store de Android y App Store de iOS, es necesario registrar una cuenta como desarrollador, teniendo que abonar unos costes que en caso de la plataforma de Android son 25 dólares en un único pago mientras que en la plataforma de iOS habría que abonar 99 dólares de forma anual para mantener la cuenta de desarrollador.

3.2.2 Versiones del Sistema Operativo

Partiendo de la base de que la aplicación estará disponible para el sistema operativo de Android, un aspecto muy importante para tener en cuenta es la versión de Android mínima para la cual será accesible.

La propia herramienta de Android Studio, la cual se ha utilizado para el desarrollo de la aplicación, nos ofrece un gráfico de los porcentajes de los dispositivos que soportan cada versión de Android y su API correspondiente de forma acumulativa [7].

ANDROID PLATFORM VERSION	API LEVEL	CUMULATIVE DISTRIBUTION
4.0 Ice Cream Sandwich	15	
4.1 Jelly Bean	16	99,2%
4.2 Jelly Bean	17	96,0%
4.3 Jelly Bean	18	91,4%
4.4 KitKat	19	90,1%
5.0 Lollipop	21	71,3%
5.1 Lollipop	22	62,6%
6.0 Marshmallow	23	39,3%
7.0 Nougat	24	8,1%
7.1 Nougat	25	1,5%

Figura 3-3: Porcentajes de las versiones de Android de los dispositivos actuales

Teniendo en cuenta la cantidad de dispositivos que soportan cada versión de Android, se ha buscado establecer un equilibrio entre las limitaciones que aportan las versiones del sistema operativo, como por ejemplo la posibilidad de utilizar una serie de funciones que se van añadiendo mediante nuevas actualizaciones, y el poder llegar al máximo número de usuarios posible.

En el caso de esta aplicación se ha establecido como versión mínima de Android la 4.4 KitKat, API 19, ya que a partir de esta versión se nos permite poder establecer la interfaz de usuario de la aplicación en modo de pantalla completa envolvente eliminando la barra de navegación y de notificaciones, pudiendo así evitar estímulos externos durante su utilización, y, además, se nos permite llevar a cabo todas las demás funcionalidades del proyecto de forma óptima.

3.2.3 Pantalla

La especificación para el desarrollo de la aplicación requiere que pueda ser utilizada en tablets, con lo cual es importante tener en cuenta el rango de las dimensiones de pantalla que abarcan este tipo de dispositivos para diseñar su apariencia de manera óptima.

El propio sistema operativo de Android es capaz de ejecutarse en diferentes dispositivos con diferentes características controlando la interfaz de usuario e intentando adaptarse a cada pantalla de forma óptima, para ello tiene en cuenta una serie de características de los diferentes dispositivos, especialmente la variedad de las densidades y tamaños físicos.

Android divide los tamaños reales de los dispositivos en cuatro grupos generalizados, pequeño, normal, grande y extragrande, según el tamaño útil de la pantalla en la unidad de longitud de pulgadas, es decir, la cantidad de pulgadas que mide la diagonal de la pantalla del propio dispositivo. En nuestro caso, al especificarse que la aplicación sea para tablets, nos enfocamos en los tamaños de pantallas extragrandes, es decir, a partir de 7 pulgadas.

Además de tener en cuenta el tamaño físico de las pantallas de los dispositivos reales, Android también tiene en cuenta la densidad de las pantallas de forma generalizada midiendo los puntos por pulgada (dpi), es decir, el número de píxeles que existen en la pantalla física del dispositivo, y divide las distintas densidades de píxeles de las pantalla en seis grupos generalizados: densidad baja (ldpi), densidad media (mdpi), densidad alta (hdpi), densidad extra alta (xhdpi), densidad extra extra alta (xxhdpi) y densidad extra extra extra alta (xxxhdpi).

Para comparar las distintas densidades y tamaños de las pantallas de los dispositivos el portal de desarrolladores de Android nos ofrece información sobre el tamaño de las pantallas y sus densidades de píxeles para que así los desarrolladores puedan conocer cómo se relacionan los números de las pulgadas de las pantallas con los puntos por píxeles existentes de los dispositivos [8].

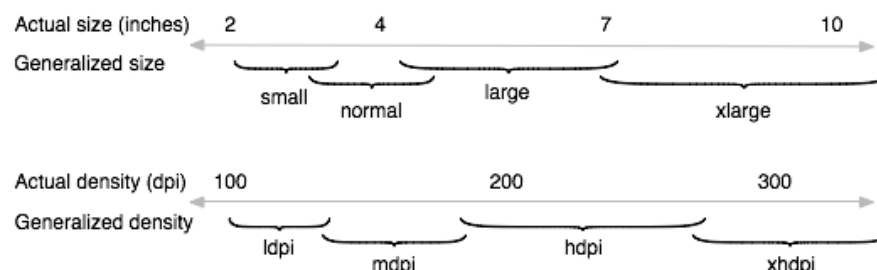


Figura 3-4: Relación entre los tamaños de pantalla y sus densidades de píxeles

Para poder llevar a cabo los objetivos de diseño del proyecto todas las pantallas se realizan a pantalla completa, haciendo desaparecer la barra de notificación y de navegación ya que pueden ocasionar distracciones mediante notificaciones e información innecesaria durante su uso.

La orientación de la aplicación es en horizontal, pudiendo utilizarse en ambos sentidos apaisados del dispositivo, ya que por cada pantalla se muestran una serie de opciones y pictogramas cuya distribución se presenta de forma más cómoda y sencilla para la experiencia del usuario, evitando pantallas complejas y con demasiados estímulos, como en otras aplicaciones en las que son necesarios desplazamientos y la estructuración es más complicada y menos intuitiva.

Todas las pantallas han sido desarrolladas para un total de tres tamaños diferentes de forma individual para lograr que la vista de la aplicación se optimice a los diferentes dispositivos, de 400 a 600 dpi, de 600 a 720 dpi y a partir de 720 dpi.

3.3 Estructuración de la aplicación

Mediante el diseño de la estructura de la aplicación se ha buscado una interfaz de usuario intuitiva y con pocos estímulos, de fácil acceso y cómoda, para que, como se ha comentado anteriormente, se cumplan los objetivos de este proyecto y se pueda facilitar y potenciar la comunicación mediante la creación de frases a las personas con ciertas discapacidades que dificultan la comunicación. Para ello, se ha creado la siguiente estructura de las pantallas disponibles y navegables:

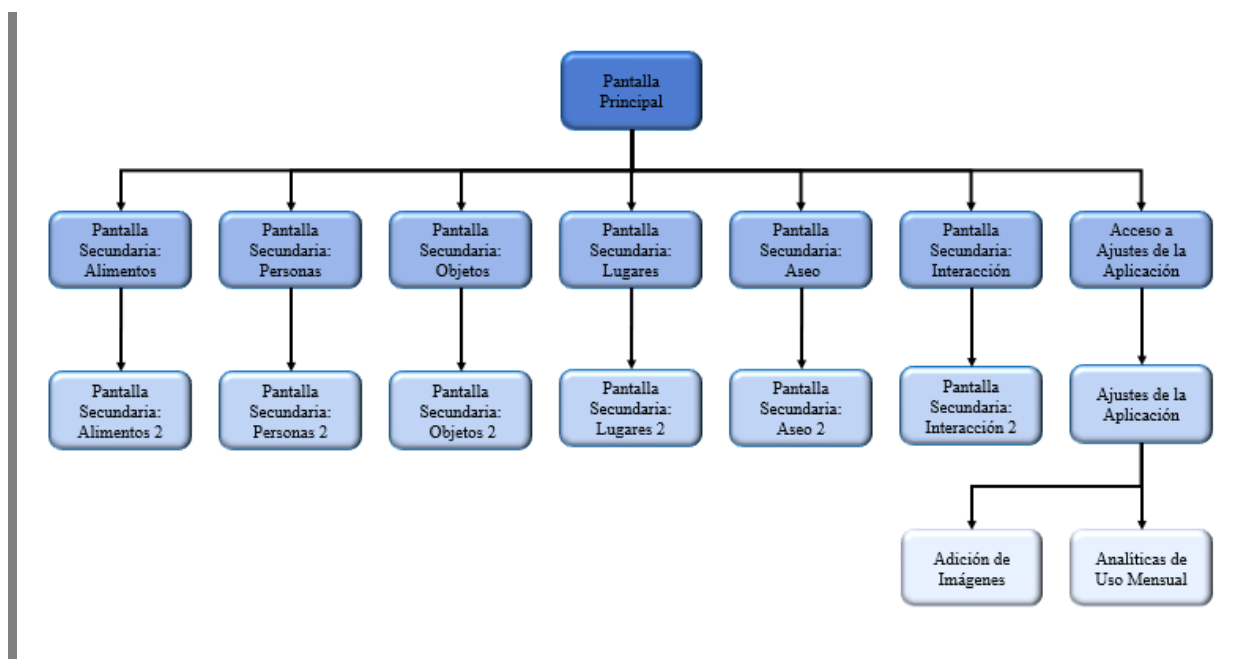


Figura 3-5: Esquema de la estructura de pantallas de la aplicación

3.3.1 Pantalla Principal

Al iniciar la aplicación o agitar el dispositivo, ya sea estando en primer plano, segundo plano o con la tablet bloqueada, aparece en el dispositivo la pantalla principal, en la cual se nos presentan una serie de botones y pictogramas útiles y sencillos para su utilización:

- El botón de acceso a los ajustes de la aplicación.
- En la primera columna a la izquierda de la pantalla se nos presentan tres pictogramas comunes a las pantallas secundarias que representan la intención del usuario, con sus colores de borde correspondientes, los pictogramas de “QUIERO” con el borde rosa, “NO” con el borde azul oscuro, y “AYUDA” con el borde amarillo anaranjado, es importante mantener los colores de los bordes en todo los pictogramas ya que son conocidos y asociados a las categorías de las palabras de forma genérica por las personas a las cuales va destinada la aplicación.
- En la parte superior de la pantalla aparece el cuadro de frase en la cual se van añadiendo los pictogramas seleccionados para poder crear oraciones a la vez que se reproduce la palabra en voz, este cuadro es común para la pantalla principal y las pantallas secundarias ya que se van manteniendo las acciones realizadas respecto a los pictogramas entre pantallas, teniendo a la derecha un botón con el pictograma “BORRAR” con el color de borde verde claro para limpiar el contenido del cuadro de frase.
- En la parte central de la pantalla se encuentran los pictogramas de las diferentes categorías de la aplicación, los cuales dan acceso a sus respectivas pantallas secundarias, las seis categorías están representadas mediante un pictograma genérico y son las categorías de “ALIMENTOS” con el borde naranja, “PERSONAS” con el borde amarillo, “OBJETOS” con el borde azul claro, “LUGARES” con el borde marrón, “ASEO” con el borde rosa, e “INTERACCÓN” con el borde verde oscuro.



Figura 3-6: Diseño de la pantalla principal

Para acceder a las distintas categorías en las pantallas secundarias se puede acceder pulsando los botones de las diferentes categorías y desplazando el dedo por la pantalla de izquierda a derecha o de derecha a izquierda.

3.3.2 Pantallas Secundarias

A través de los pictogramas de las categorías de la pantalla principal y mediante el desplazamiento del dedo por la pantalla de izquierda a derecha y de derecha a izquierda podemos acceder a las distintas pantallas secundarias de la aplicación, siendo éstas las pantallas que contienen los diferentes pictogramas o imágenes según las categorías. Existen dos tipos de pantallas secundarias, las que contienen los pictogramas básicos y predeterminados de cada una de las categorías y las personalizables que contienen las imágenes añadidas por el propio usuario desde la pantalla de ajustes.

- Las pantallas secundarias predeterminadas son las que contienen los pictogramas básicos y establecidos por el equipo de especialistas de la Unidad de Educación Especial del colegio Romero Peña de La Solana, son las pantallas a las cuales se accede de forma directa presionando los pictogramas de las categorías de la pantalla principal, y contienen en la primera columna a la izquierda de la pantalla los pictogramas genéricos de “QUIERO”, “NO” y “AYUDA”, en la parte superior el cuadro de frase y el pictograma de borrar genéricos también, y en la parte central cinco pictogramas predeterminados de cada categoría y un botón con un pictograma de “MÁS” con el borde azul oscuro mediante el cual se accede a las pantallas secundarias personalizables de cada categoría. Al presionar estos pictogramas y los de la primera columna de la parte izquierda de la pantalla aparecen los pictogramas en el cuadro de frase y se reproduce la palabra seleccionada. También contienen un botón para regresar a la pantalla principal.

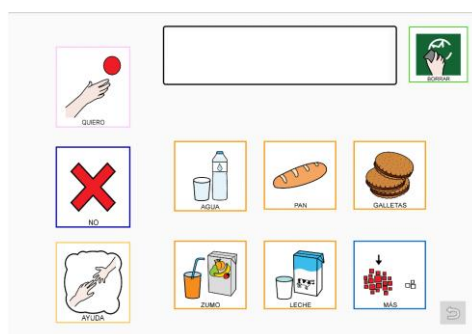


Figura 3-7: Diseño de la pantalla secundaria predeterminada de alimentos

- Las pantallas secundarias personalizables tienen la misma estructura que las pantallas secundarias predeterminadas, pero en vez de presentar cinco pictogramas predeterminados de cada categoría y el pictograma “MÁS”, ofrecen la posibilidad de mostrar seis imágenes añadidas por el propio usuario desde la cámara del dispositivo, la galería, desde Google Images o desde el propio portal de ARASAAC, con un sonido asociado a dichas imágenes

grabado desde la propia aplicación, teniendo el mismo funcionamiento que en las otras pantallas, es decir, al presionar las imágenes se colocan en el cuadro de frase y se reproduce su sonido correspondiente. En el caso de estas pantallas el botón de retorno, en vez de regresar a la pantalla principal, dirige al usuario a la pantalla secundaria predeterminada correspondiente a su categoría.

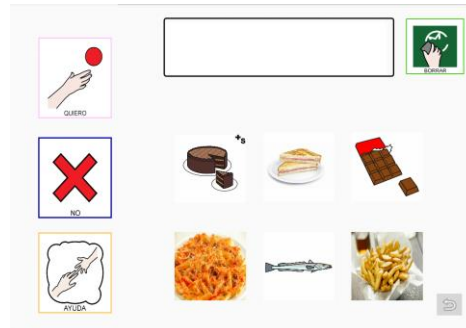


Figura 3-8: Diseño de la pantalla secundaria personalizable de alimentos con ejemplos

Las imágenes y pictogramas colocados en el cuadro de frase por el usuario se mantienen al navegar por las diferentes pantallas de la aplicación, pudiendo limpiar dicho cuadro desde cualquier pantalla secundaria o desde la principal mediante el pictograma “BORRAR”, y reproduciéndose la frase seleccionada en un tiempo determinado por el propio usuario desde la sección de ajustes.

3.3.3 Pantallas de Ajustes

El acceso a los ajustes de la aplicación se realiza mediante el botón de ajustes de la pantalla principal, este botón dirige al usuario a una pantalla de acceso a los ajustes, la cual solicita una clave de usuario y contiene los siguientes elementos:

- La pantalla que da acceso a los ajustes presenta un botón de “ABOUT QUIERO DECIRTE” el cual al ser pulsado presenta mediante un cuadro de diálogo los datos de los autores de la aplicación y un correo electrónico de contacto, un botón de “MANUAL DE USUARIO” el cual muestra en otro cuadro de diálogo un manual simple y sencillo de la aplicación que explica su funcionamiento y ofrece datos de gran importancia para las personas supervisoras que vayan a configurar los ajustes, un cuadro en el cual se puede introducir la contraseña predeterminada para poder acceder a los ajustes de la aplicación, la cual aparece en el propio manual de usuario en uno de los párrafos, y un botón de retorno para volver a la pantalla principal.

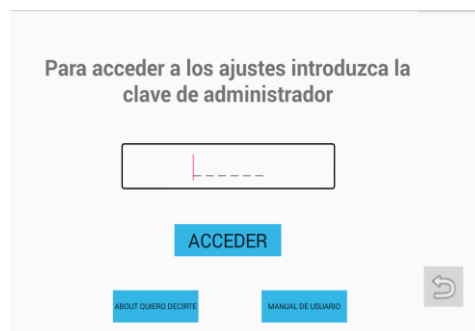


Figura 3-9: Diseño de la pantalla de acceso a los ajustes

- La pantalla de ajustes, a la cual accedemos introduciendo de forma correcta la contraseña de la pantalla de acceso a los ajustes, permite configurar una serie de parámetros, añadir nuevas imágenes y proporcionar datos de interés a las personas supervisoras.

En esta pantalla se pueden configurar dos parámetros de tiempos importantes para la aplicación, el primero es el tiempo de espera en segundos para volver a la pantalla principal desde cualquier pantalla secundaria cuando no se produce ningún tipo de interacción y el segundo es el tiempo de espera, también en segundos, para reproducir la frase elaborada y después borrarla del cuadro de frase cuando tampoco se produce ningún tipo de interacción. También presenta un botón para añadir nuevas imágenes, el cual al presionarlo solicita a qué categoría va a pertenecer la nueva imagen y desde donde va a ser añadida, pudiendo hacerlo desde la cámara, dando la posibilidad de seleccionar entre las aplicaciones de cámara que disponga el propio dispositivo, desde la propia galería, desde la página de ARASAAC o desde Google Images dando la posibilidad de descargarlas. Al seleccionar la imagen la aplicación redirige a una nueva pantalla en la cual el usuario podrá grabar un audio de tres segundos que irá asociado a la propia imagen. En la sección de ajustes también aparece un botón de analíticas de uso mensuales que dirige a otra pantalla en la cual aparece el número de veces que se ha seleccionado cada pictograma de forma mensual y finalmente, un botón de retorno que regresa al usuario a la pantalla principal.

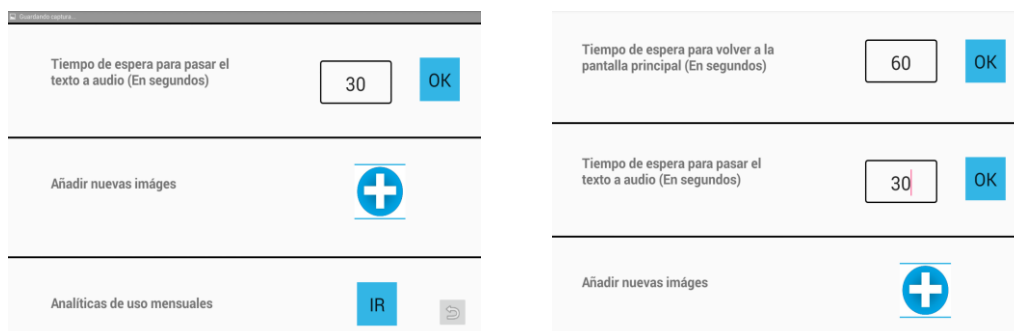


Figura 3-10: Pantalla de ajustes

4 Desarrollo

En este apartado pasaré a comentar una serie de puntos acerca del desarrollo e implementación de la aplicación:

- Pasos iniciales.
- Herramientas empleadas durante el desarrollo de la aplicación.
- Partes elementales de una aplicación de Android.
- Elaboración y desarrollo de las tareas.
- Clases generadas durante el desarrollo de la aplicación.

4.1 Pasos iniciales

De manera inicial, se siguieron una serie de pasos previos al desarrollo del proyecto para poder llevarlo a cabo de forma eficaz:

- Visionado y estudio de tutoriales y manuales de programación de Java, XML y programación sobre Android.
- Instalación de las herramientas necesarias para desarrollar la aplicación.
- Creación de programas básicos y sencillos a modo de práctica y familiarización con los lenguajes de programación y el entorno de Android Studio.
- Familiarización con la plataforma Firebase mediante un seminario impartido por Rubén Jiménez Benito, un antiguo alumno de la escuela, y Eduardo Boemo.

4.2 Herramientas empleadas

Para la realización de la aplicación han sido necesarias una serie de elementos y herramientas:

- Software Android Studio, que es el entorno de desarrollo para aplicaciones Android.
- Ordenador portátil.
- Dispositivo tablet con sistema operativo Android.
- Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa.

4.3 Partes elementales de una aplicación para Android

En este apartado se va a pasar a explicar cuáles son las partes fundamentales de una aplicación para Android y cuáles son sus funciones.

4.3.1 Actividad

Las actividades son los elementos básicos de toda aplicación para Android, contienen las pantallas que se mostrarán visibles para los usuarios en las cuales se podrá interactuar, es decir, la interfaz de usuario.

Las aplicaciones de Android generalmente son un conjunto de actividades, es decir, de pantallas que pueden interactuar entre ellas y cumplen un ciclo de vida. Estas pantallas se pueden diseñar mediante ficheros en lenguaje de programación XML en la carpeta de diseños dentro de los recursos o directamente en el desarrollo de las clases de la aplicación mediante el lenguaje de programación Java.

Las actividades cumplen un ciclo de vida y pueden llamarse de unas a otras para que aparezca la correspondiente en cada momento en pantalla, almacenándose las que dejan de mostrarse por pantalla en una pila de actividades para que se pueda conservar su información de estado.

El ciclo de vida de una actividad se basa en tres estados:

- **Actividad Reanudada:** en este estado la actividad se muestra directamente en la pantalla y el usuario puede interactuar con ella.
- **Actividad Pausada:** durante este estado la actividad que se mostraba por pantalla se ha almacenado en la pila de actividades y ya otra actividad se muestra en primer plano.
- **Actividad Detenida:** en este estado la actividad que se encontraba en la pila de actividades pasa a estar completamente en segundo plano y en cualquier momento la aplicación puede eliminarla directamente de la pila.

Mediante una serie de métodos del ciclo de vida, la actividad puede pasar de uno de sus tres estados a otro como podemos ver en el siguiente esquema [9]:

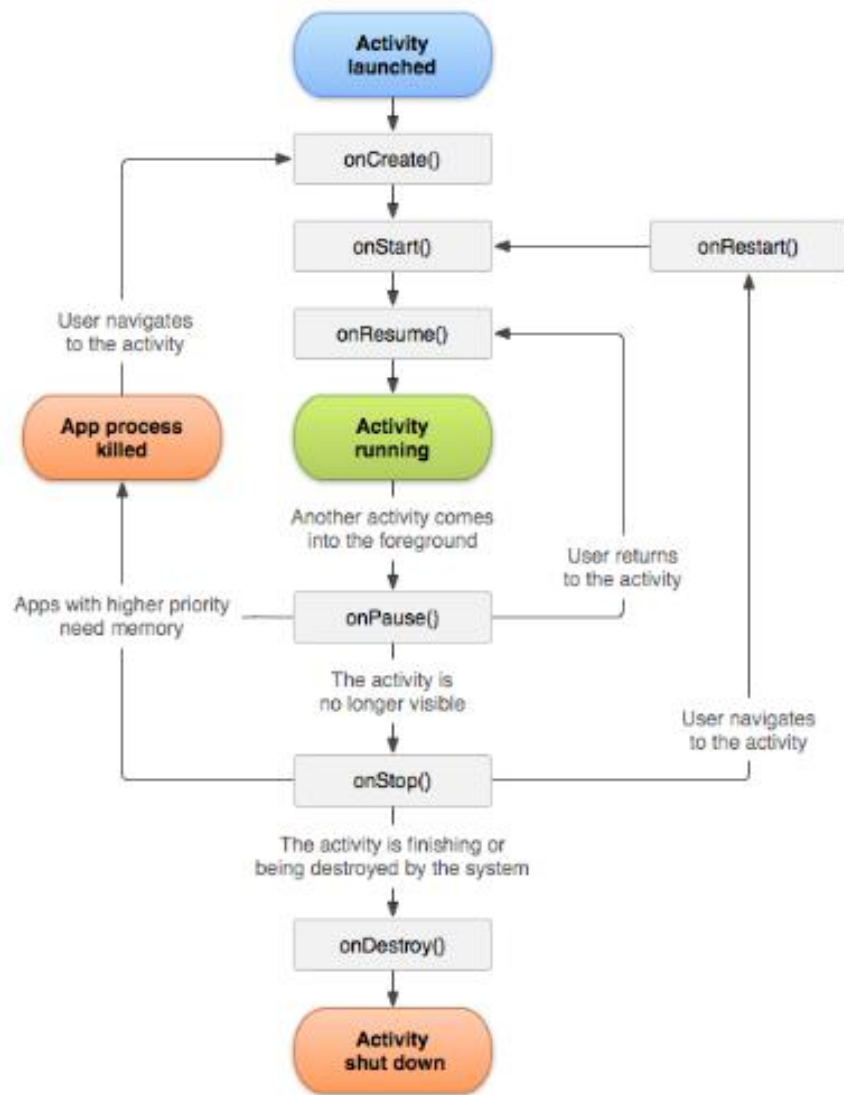


Figura 4-1: Ciclo de vida de una actividad

4.3.2 Vistas

Las vistas son una serie de objetos gráficos cuyo objetivo es dibujar el contenido de las actividades en la pantalla del dispositivo. Las actividades se asocian a una serie de diseños denominados layouts, en los cuales se implementan una serie de elementos gráficos mediante una serie de atributos para que el propio usuario pueda interactuar con la pantalla como pueden ser los botones, las imágenes y las entradas de texto.

4.3.3 Manifiesto

El manifiesto es un directorio obligatorio en todas las aplicaciones para Android desarrollado en XML, contiene la información más relevante del proyecto para su propia ejecución.

Los datos que puede contener el manifiesto, como en el caso de la aplicación descrita en este trabajo, pueden ser tales como el nombre del paquete, los tamaños de pantalla soportados, los permisos que se requieren para su correcto funcionamiento, el nombre, el icono de portada, su estilo de diseño y la enumeración de todas las actividades y servicios que participan.

4.3.4 Servicio

Los servicios son clases que permiten realizar tareas y procesos en segundo plano, incluso cuando la aplicación no está presente en la pantalla del dispositivo. No presentan ninguna vista ni diseño de pantalla, simplemente cumplen su funcionalidad, y se inician desde cualquier actividad o clase de la aplicación.

En este proyecto se ha implementado un servicio que inicia el sensor del acelerómetro del dispositivo esperando que usuario lo agite y así mostrar la pantalla principal.

4.4 Desarrollo de la Aplicación

Para el desarrollo de la aplicación, la cual se ha llevado a cabo en la plataforma Android Studio, se han creado 22 ficheros de Java con un total de 13000 líneas de código aproximadamente, y 63 ficheros XML para los layouts, divididos en tres diferentes tamaños de pantalla, con un total de 11800 líneas de código aproximadamente.

La especificación nos proponía realizar el trabajo mediante diferentes versiones, debiendo desarrollar una serie de funcionalidades distintas por cada versión. A continuación, se pasará a describir cuál ha sido el trabajo realizado y qué dificultades han surgido durante el desarrollo de las diferentes etapas.

4.4.1 Primera Versión

De forma inicial, ha sido necesario descargar del portal de ARASAAC todos los pictogramas requeridos en la especificación y las locuciones correspondientes para poder realizar el diseño de las pantallas de la aplicación.

En una primera versión se debe implementar la actividad principal, las secundarias y la navegación entre ellas, ya sea mediante los botones de las categorías y el botón de “atrás” o mediante el desplazamiento del dedo de izquierda a derecha o de derecha a izquierda por las diferentes pantallas.

Para el comienzo del desarrollo se crean los ficheros Java y sus diseños de pantalla, algo que es bastante costoso debido a que hay que implementar una gran cantidad de actividades y tres diseños diferentes para cada actividad para que se ajusten a cada tamaño de pantalla. Las posiciones de los pictogramas y cuadros de frase deben de ser las mismas para todas las pantallas.

Los elementos que aparecen en las pantallas se presentan mediante el tipo de interfaz de usuario de ConstraintLayouts, ya que permiten posicionarlos en cualquier parte del diseño,

y se utilizan ImageButtons para la realización de botones con pictogramas que dirijan al usuario a las diferentes categorías o realicen la función correspondiente y el cuadro de frase se realiza mediante un TableRow que contiene cinco ImageButtons.

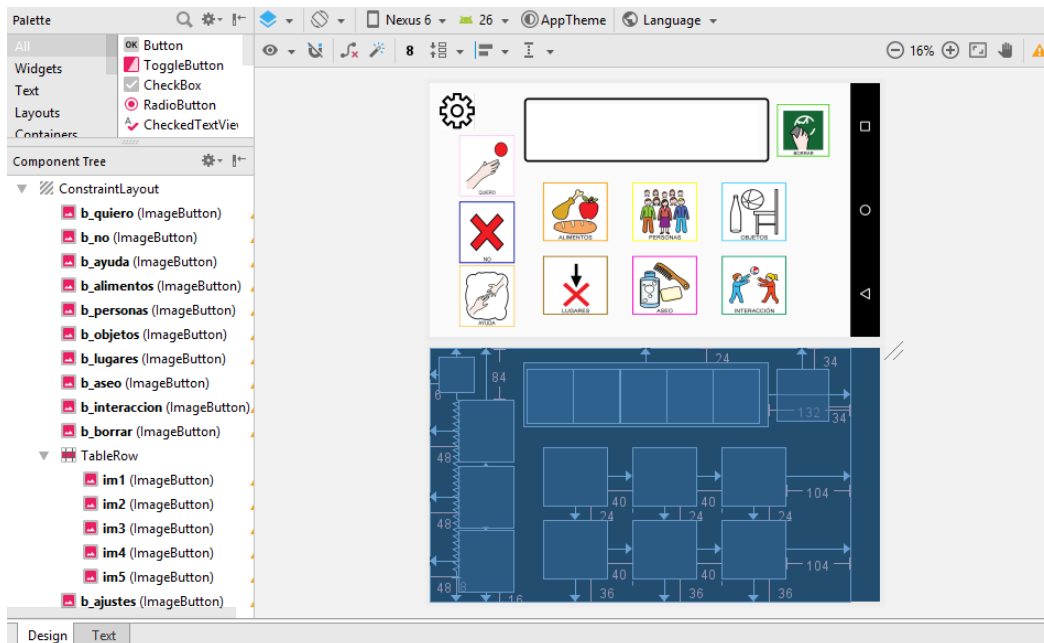


Figura 4-2: Entorno de diseño de las actividades de Android Studio

El funcionamiento en esta primera versión es el siguiente:

- En la pantalla principal, al presionar los ImageButtons de la primera columna a la izquierda, los pictogramas de las intenciones, se carga el pictograma seleccionado en la posición correspondiente del TableRow del cuadro de frase a la vez que se reproduce su locución. Al presionar los ImageButtons de los pictogramas correspondientes a cada categoría la aplicación dirige al usuario a la actividad correspondiente.
- En las pantallas secundarias el funcionamiento es el mismo, pero de igual modo que ocurre con los pictogramas de la primera columna, al presionar los pictogramas proporcionados de cada categoría se colocan en el TableRow del cuadro de frase en la posición correspondiente y se reproduce su locución.
- A parte de la navegación entre pantallas presionando los ImageButton de los pictogramas correspondientes a cada categoría y mediante el botón de retorno a la pantalla principal, se implementa una función que mediante la clase GestureDetector mide la posición del dedo por la pantalla para ver en qué dirección se desplaza para acceder a las diferentes pantallas.
- En la pantalla principal y en las secundarias, se encuentra un ImageButton con un pictograma a la derecha del cuadro de frase que al presionarlo limpia el contenido del TableRow eliminando la selección de los pictogramas anteriores.

La navegación entre pantallas y el envío de los datos se realizan mediante la clase Intent, y al pasar de unas actividades a otras es importante que el contenido del cuadro de frase se mantenga, así como la posición en la que se encuentra cada imagen o pictograma y sus locuciones asociadas, para ello se crean una serie de vectores donde se van añadiendo las imágenes, las posiciones y sus locuciones, pero es importante tener en cuenta que algunos pictogramas y locuciones estarán almacenados en la propia aplicación y otras imágenes y grabaciones de voz, en cambio, serán accesibles desde el propio dispositivo en las siguientes versiones, algo que dificulta en gran medida el envío de imágenes entre actividades. Para solucionar este problema se realizan cadenas de texto con la dirección exacta donde se encuentran almacenadas las imágenes y los archivos de audio, teniendo que realizar una codificación de las imágenes mediante dos funciones que realizan una conversión entre cadenas de texto y mapas de bits y viceversa, para poder representar las imágenes enviadas entre actividades teniendo su localización mediante las librerías Bitmap y BitmapFactory. También se desarrolla una actividad inicial que es imperceptible para el usuario, pero inicializa todos los vectores en los cuales se almacenan los datos que se representan en los cuadros de frases y sus locuciones para evitar posibles fallos de localización.

```
// Función auxiliar que pasa a cadena de texto una imagen en formato BitMap
public String BitMapToString(Bitmap bitmap){
    ByteArrayOutputStream ByteStream=new ByteArrayOutputStream();
    bitmap.compress(Bitmap.CompressFormat.PNG, quality: 100, ByteStream);
    byte [] b=ByteStream.toByteArray();
    String temp= Base64.encodeToString(b, Base64.DEFAULT);
    return temp;
}

// Función auxiliar que pasa a imagen en formato BitMap una cadena de texto que contiene la dirección de la imagen
public Bitmap StringToBitMap(String encodedString){
    try{
        byte [] encodeByte=Base64.decode(encodedString,Base64.DEFAULT);
        Bitmap bitmap=BitmapFactory.decodeByteArray(encodeByte, offset: 0, encodeByte.length);
        return bitmap;
    }catch(Exception e){
        e.getMessage();
        return null;
    }
}
```

Figura 4-3: Implementación de las funciones de conversión de imágenes cadena de texto a mapas de bits y viceversa

4.4.2 Segunda Versión

Una vez que tenemos el diseño básico de la aplicación y su navegación, se pide desarrollar una actividad de ajustes en la cual se permita a un usuario supervisor realizar una serie de modificaciones de parámetros, acceder a una analítica de usos mensuales y poder añadir nuevas imágenes del propio dispositivo a la aplicación.

- Para que el usuario supervisor pueda acceder a los ajustes de la aplicación, se implementa un ImageButton con un icono representativo de “ajustes” en la pantalla principal de la aplicación, que al presionarlo dirige al usuario a una pantalla de acceso a los ajustes, los elementos que aparecen en esta pantalla y sus funcionalidades son los siguientes:

- Un botón de “ABOUT QUIERO DECIRTE” el cual al presionarlo muestra por pantalla una imagen con los datos de las personas que han participado en este proyecto mediante un Dialog, al cual se le asocia un layout con un tamaño menor que las pantallas, con una imagen y un botón de regreso. Uno de los problemas de esta implementación es que hay que guardar un equilibrio entre que el tamaño de la imagen sea lo suficientemente grande para que sea legible y entre que pueda posicionarse en los diferentes tamaños de pantalla dentro de cada diseño.
- Un botón de “MANUAL DE USUARIO” el cual, de la misma forma que el botón de “ABOUT QUIERO DECIRTE”, presenta al usuario un Dialog por pantalla con el funcionamiento de la aplicación en formato de texto y un botón de regreso que ha sido diseñado en otro layout independiente. En esta implementación se ha buscado lograr un equilibrio entre las diferentes tamaños de pantalla y el tamaño del texto a mostrar, ya que es una cantidad de texto considerable y se busca que sea cómodo de leer para el usuario supervisor.
- Se ha implementado un cuadro de EditText donde el usuario puede introducir la clave de acceso a ajustes, la cual se encuentra disponible en el propio manual de usuario de la aplicación y en la propia página de la aplicación en la Google Play Store. El EditText ha sido programado para que el usuario sólo pueda introducir números y, de manera interna, cuando se introduce una clave, si coincide con la de la aplicación se direcciona al usuario a la actividad de los ajustes, y si en caso contrario es incorrecta se informa al usuario mediante la clase Toast, que muestra en la parte inferior de la pantalla la información.

El desarrollo de los ajustes de la aplicación es uno de los aspectos más importantes, ya que permite al usuario personalizar la aplicación en función de sus necesidades, para ello se implementa una actividad de ajustes a la cual se accede al introducir la clave de forma correcta en el EditText de la actividad de acceso a los ajustes.

Los elementos que aparecen en esta pantalla y sus funcionalidades son los siguientes:

- Mediante dos EditText la aplicación da la posibilidad de ajustar dos parámetros de tiempos al usuario supervisor, el primero de ellos marca el tiempo en segundos que tarda la aplicación en volver a la pantalla principal cuando se encuentra en una pantalla secundaria y no se produce interacción por parte del usuario, y el segundo parámetro marca el tiempo en segundos que tarda la aplicación en reproducir en voz la oración creada en el cuadro de frase y eliminar su contenido cuando no se produce ningún tipo de interacción por parte del usuario en la pantalla principal o cualquiera de las pantallas secundarias.

Los parámetros introducidos se almacenan mediante la clase SharedPreferences, ya que guarda valores de forma indefinida en la propia aplicación y son accesibles desde cualquier actividad. Para que estos parámetros cumplan su función se implementan en todas las pantallas secundarias y en la principal una serie de contadores que realizan una cuenta

atrás desde el valor recogido en los ajustes hasta 0, estos contadores son instanciados mediante la clase `CountDownTimer` y cuando llegan al valor de 0 realizan su funcionalidad, se inician al acceder a la actividad correspondiente y se reinician cada vez que el usuario presiona la pantalla, y al salir de la actividad o de la propia aplicación el contador se cancela.

- En la pantalla de ajustes también está la opción de añadir imágenes mediante un `ImageButton`, al presionarlo aparece un `AlertDialog` que solicita a qué categoría se va a añadir la nueva imagen y tras esto ofrece una serie de opciones sobre de dónde se va a seleccionar la imagen, pudiendo elegirse entre el portal de ARASAAC, Google Images, la propia cámara del dispositivo o la galería, siendo necesario en el caso de la cámara y la galería si el dispositivo tiene una versión de Android superior o igual a la 6.0 conceder permisos en tiempo de ejecución sobre el uso de la cámara, la escritura en memoria y el acceso al grabador de audio del dispositivo, implementándose estos permisos en código mediante la comprobación de la versión de Android del dispositivo.

Al seleccionar las imágenes la aplicación direcciona al usuario a una actividad que permite al usuario grabar un audio durante 3 segundos que se asociará a la imagen seleccionada para su uso posterior en las pantallas secundarias personalizables. Las imágenes y las grabaciones de audio se almacenan en el propio dispositivo según su categoría y extensión con un número para que no se solapen los elementos añadidos, y esta dirección creada por la aplicación es la que se utiliza en las pantallas secundarias y principal para comprobar que la imagen existe y enviarla entre las actividades para poder mostrarla.

- Por último, los ajustes de la aplicación permiten al usuario tener información sobre el número veces que se utiliza cada pictograma, para ello, al presionar el `Button` de las analíticas la aplicación direcciona al usuario a una actividad en la que muestra al usuario imágenes de los pictogramas divididos en categorías junto a un contador que muestra cuántas veces se ha presionado cada `ImageButton` predeterminado.

Para almacenar cuántas veces se presiona cada `ImageButton`, cada pictograma tiene asociado un contador que se va incrementando con cada uso y se almacena en la aplicación mediante `SharedPreferences`. En la pantalla inicial que redirige al usuario a la pantalla principal cuando se enciende la aplicación, la cual restablece los parámetros de los vectores de imágenes y sonidos, se comprueba si es la primera vez que se utiliza la aplicación en el dispositivo para establecer todos los valores del contador a cero, y en caso contrario se obtiene la fecha actual y se compara con la anterior vez que se utilizó la aplicación, y si el número de mes es distinto se reinician los valores de las analíticas de uso mensuales.

Durante esta versión también se ha implementado un servicio que se inicializa en la actividad inicial y desarrolla su función continuamente, incluso cuando la aplicación no se encuentra en primer plano o incluso cuando el dispositivo está bloqueado, cuyo objetivo es que si el dispositivo se agita inicia la aplicación y la muestra en pantalla. Esto se ha realizado mediante el acceso al sensor del acelerómetro del dispositivo en caso de existir y estar disponible mediante las librerías `Sensor` y `SensorManager`.

4.4.3 Tercera Versión

En la tercera y última versión de la aplicación se busca añadir unas analíticas de uso mediante una de las herramientas que Google nos facilita para poder recibir así datos de eventos programados en la aplicación de forma general y de todos los usuarios que se la descarguen, pudiendo así así obtener información sobre la interacción de las personas.

Para realizar esta función se ha optado por la plataforma de desarrollo Firebase que ofrece soporte a aplicaciones web y a aplicaciones móviles. Esta plataforma nos proporciona el servicio de Firebase Analytics, siendo un entorno gratuito y con un gran abanico de posibilidades sobre eventos de la aplicación, ya que se pueden programar de forma cómoda y sencilla en el propio proyecto.

La propia herramienta de Android Studio nos ofrece la posibilidad de implementar Firebase Analytics a nuestro proyecto de una forma sencilla y documentada mediante una serie de pasos.

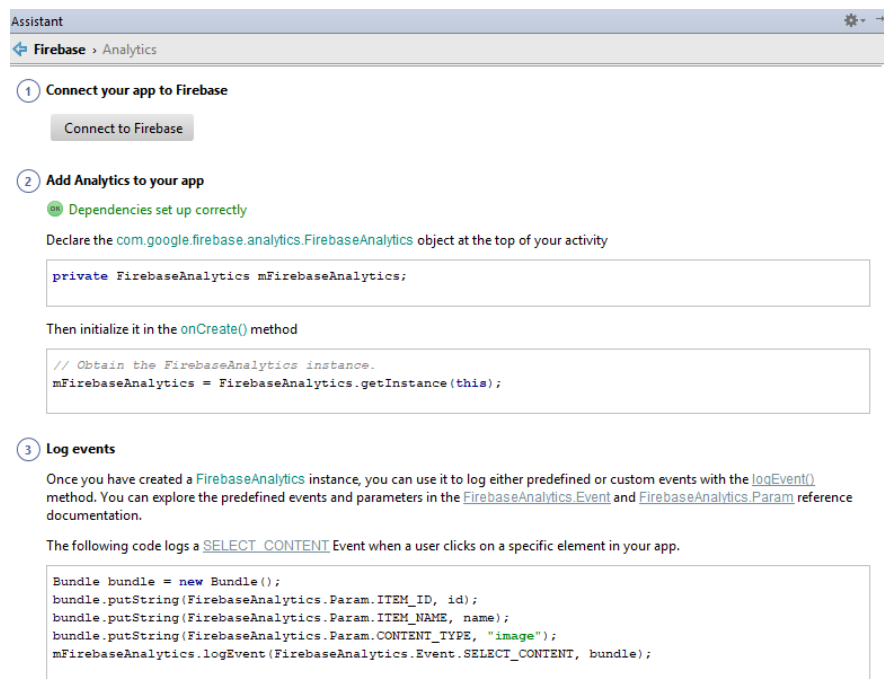


Figura 4-4: Implementación de Fireba Analytics en Android Studio

Para la implementación de las analíticas de eventos de Firebase se ha implementado una clase superior de la cuál dependen todas las demás para poder instanciar todos los usos de los pictogramas y recoger los datos de cada actividad y que puedan ser accesibles desde la propia consola de Firebase. Esta clase inicializa las analíticas mediante la librería `FirebaseAnalytics` y determina los dos tipos de eventos que se van a tener en cuenta durante el uso de la aplicación, el tiempo que pasa cada usuario en cada pantalla y las veces que se selecciona cada pictograma predeterminado.

Para registrar cada evento, tras la clase superior se programa otra clase que contiene una serie de funciones auxiliares que registran todos y cada uno de los eventos, a las cuales se llama desde las actividades secundarias y la principal cada vez que se produce cualquier tipo de interacción. En el apartado 5.3 apreciaremos los resultados que nos ofrece esta herramienta.

4.5 Clases desarrolladas en la Aplicación

Para la realización de esta aplicación ha sido necesario realizar un total de 22 ficheros Java los cuales se describen a continuación:

- `AccesoAAjustes.java`: esta actividad muestra el “ABOUT QUIERO DECIRTE” y el manual de usuario de la aplicación, también da acceso a los ajustes de la aplicación mediante una clave de control.
- `AjustesDeLaApp.java`: esta actividad permite a un usuario supervisor ajustar los parámetros de tiempos, añadir imágenes nuevas a la aplicación y acceder a las analíticas de uso mensuales.
- `AlimentosActivity.java`: actividad que muestra los pictogramas predeterminados de la categoría de los alimentos.
- `Alimentos2Activity.java`: actividad que muestra las imágenes añadidas por el usuario para la categoría de los alimentos.
- `Analiticas.java`: actividad que mediante `SharedPreferences` recoge el número de veces que se ha seleccionado cada pictograma de la aplicación y los muestra por pantalla a modo de analíticas de uso mensuales.
- `AseoActivity.java`: actividad que muestra los pictogramas predeterminados de la categoría del aseo.
- `Aseo2Activity.java`: actividad que muestra las imágenes añadidas por el usuario para la categoría del aseo.
- `Blank.java`: clase que se inicia al arrancar la aplicación que reinicia los valores de los cuadros de frase y comprueba la fecha actual para las analíticas de uso mensuales que proporciona la actividad de los ajustes de la aplicación.
- `EventsAnalyticsUtils`: clase que implementa todas las funciones auxiliares útiles para registrar todos los eventos de la aplicación utilizados por la herramienta de Firebase.
- `GrabadorAudio`: actividad que tras seleccionar una imagen de la galería o tomar una fotografía desde la cámara en la actividad de ajustes permite al usuario crear un audio y asociarlo a la nueva imagen.
- `InteraccionActivity.java`: actividad que muestra los pictogramas predeterminados de la categoría de las interacciones.

- Interaccion2Activity.java: actividad que muestra las imágenes añadidas por el usuario para la categoría de las interacciones.
- LugaresActivity.java: actividad que muestra los pictogramas predeterminados de la categoría de los lugares.
- Lugares2Activity.java: actividad que muestra las imágenes añadidas por el usuario para la categoría de los lugares.
- MainActivity.java: actividad principal de la aplicación que muestra y da acceso a las diferentes categorías.
- ObjetosActivity.java: actividad que muestra los pictogramas predeterminados de la categoría de los objetos.
- Objetos2Activity.java: actividad que muestra las imágenes añadidas por el usuario para la categoría de los objetos.
- ParentActivity.java: clase superior que instancia las analíticas de Firebase y determina los tipos de eventos que nos interesan.
- PersonasActivity.java: actividad que muestra los pictogramas predeterminados de la categoría de las personas.
- Personas2Activity.java: actividad que muestra las imágenes añadidas por el usuario para la categoría de las personas.
- ServicioShake.java: servicio que actúa en segundo plano que muestra la aplicación en primer plano cada vez que se agita el dispositivo.
- VisorWeb.java: actividad que según se haya seleccionado a la hora de añadir imágenes desde los ajustes de la aplicación el portal de ARASAAC o Google Images direcciona al usuario a dichas páginas web.

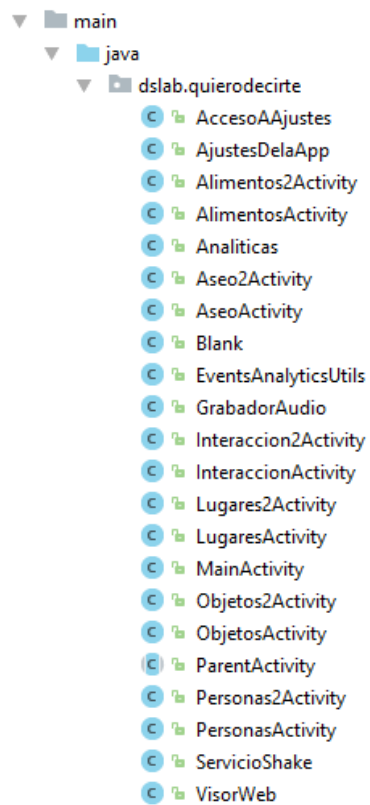


Figura 4-5: Ficheros Java implementados en el proyecto

5 Integración, pruebas y resultados

5.1 Integración

Una vez que la aplicación ha sido desarrollada con éxito se procede a la publicación en la plataforma de distribución de Google Play Store, para ello se deben seguir una serie de pasos:

5.1.1 Generación del archivo APK

Para poder publicar nuestra aplicación debemos exportar el proyecto a un archivo de tipo APK, el cual empaqueta todo el código desarrollado para poder ejecutarlo en cualquier terminal, para ello el propio entorno de Android Studio nos permite generar dichos archivos APK y firmarlos digitalmente mediante un certificado y una clave de forma manual. Estos archivos y claves tienen una gran importancia ya que deben mantenerse para futuras actualizaciones de las aplicaciones, ya que si la clave SHA se pierde o es distinta se imposibilita la posibilidad de modificar o actualizar la aplicación en la propia Google Play Store.

5.1.2 Publicación de la Aplicación

Para poder publicar la aplicación en la Google Play Store es necesario obtener una cuenta de desarrollador, cuyo registro tiene un precio único de 25 dólares.

Una vez que se obtiene una cuenta de desarrollador se pueden subir las aplicaciones Android que se desee. Para realizar una publicación es necesario aportar una serie de información importante y útil para el usuario como el ámbito para el que va dirigida la aplicación, una serie de imágenes de la propia interfaz de usuario e iconos, información y descripciones que aparecerán en la propia página y en caso de requerir permisos específicos, como en el caso de esta aplicación que accede a la cámara del dispositivo y permite escribir en la memoria, una política de privacidad que informe al usuario sobre que tratamiento obtienen sus datos [10].

Tras haber aportado toda la documentación solicitada se permite publicar la aplicación, la cual tarda varias horas en estar disponible para su descarga, y realizar modificaciones lanzando nuevas versiones.

5.2 Pruebas

Para corroborar que la aplicación tiene un correcto funcionamiento técnico y cumple con sus objetivos se han realizado una serie de pruebas. La aplicación ha sido probada en diferentes dispositivos con diferentes tamaños y densidades de pantalla. Desde el punto de vista funcional está siendo probada por el equipo de expertos de la Unidad de Educación Especial del colegio Romero Peña de La Solana y por un grupo de alumnos de dicho centro. Tras la realización de las pruebas y la comprobación de que el proyecto funciona

correctamente se va a implementar completamente su utilización en el centro mediante tablets para los alumnos con un nivel cognitivo bajo.



Figura 5-1: Alumnos del colegio Romero Peña probando la aplicación

5.3 Resultados

Los resultados de este proyecto y las analíticas de uso nos las proporciona el servicio de analíticas de la plataforma de Firebase. Esta herramienta nos ofrece información sobre qué pictogramas son los que los usuarios utilizan con mayor frecuencia, cuántas veces y cuánto tiempo permanecen los usuarios en cada una de las pantallas de la aplicación.

La herramienta de Firebase Analytics nos ofrece información general sobre cuántos eventos utiliza cada usuario de media en cada sesión, cuántos usuarios hay activos en periodos de tiempo ajustables y cuántos bloqueos se experimentan durante la utilización de la aplicación:

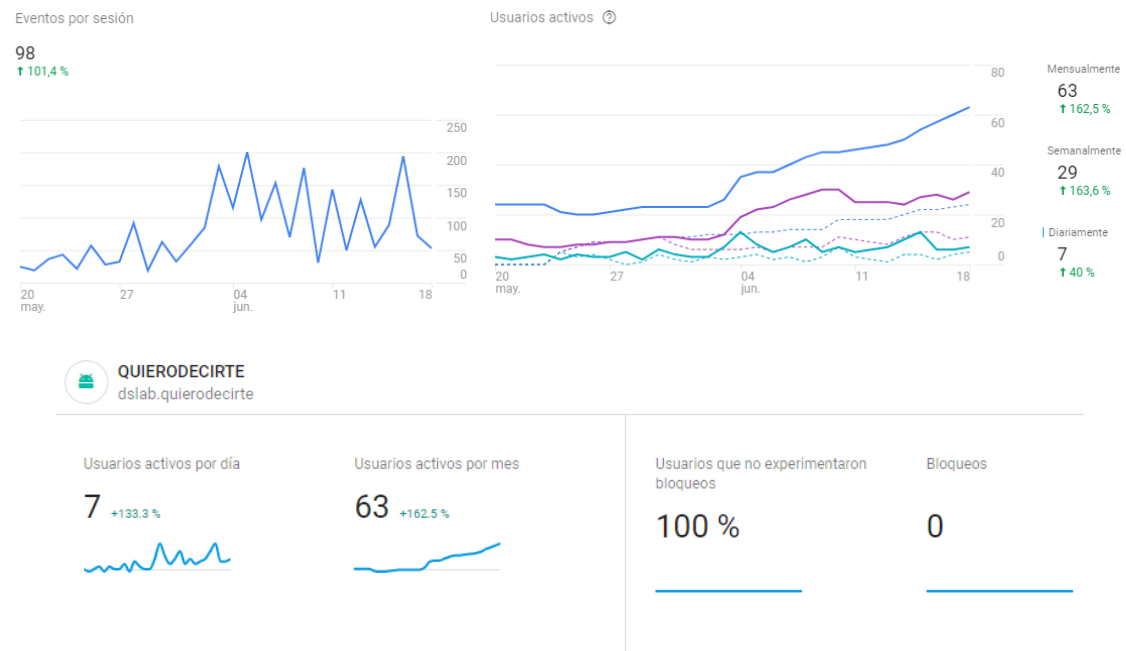


Figura 5-2: Analíticas generales proporcionadas por la herramienta Firebase Analytics

También esta plataforma nos ofrece información, en caso de implementarla mediante código en el proyecto, sobre cuánto tiempo pasa cada usuario en cada pantalla, cuántas veces se presiona cada botón y cuántos usuarios han interactuado con cada evento de la aplicación:

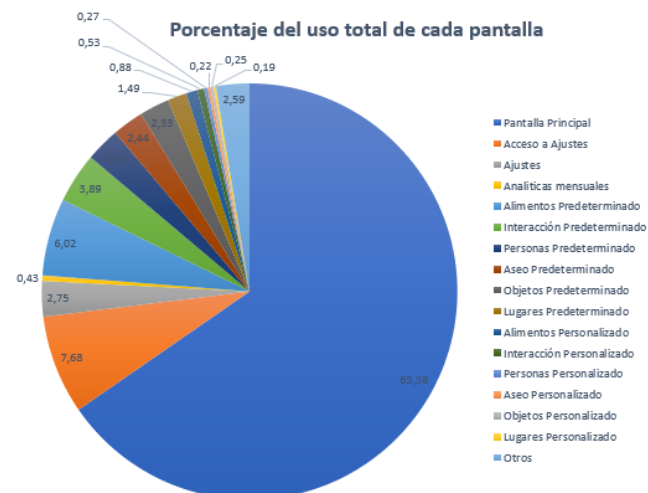


Figura 5-3: Gráfico del porcentaje del uso total medio de cada pantalla

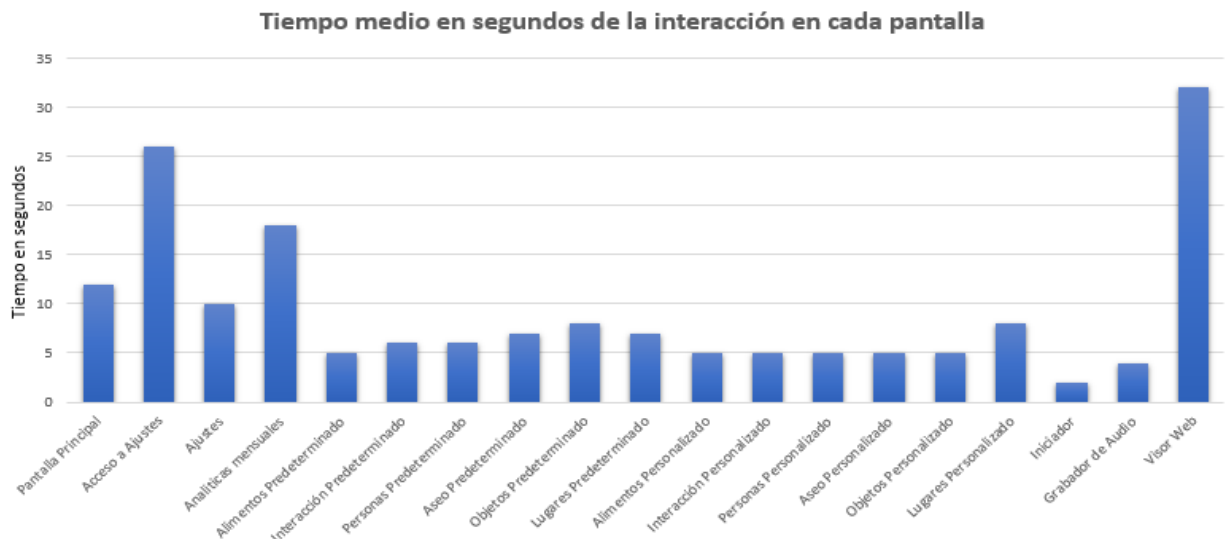


Figura 5-4: Gráfico del tiempo medio en segundos que pasan los usuarios en cada pantalla

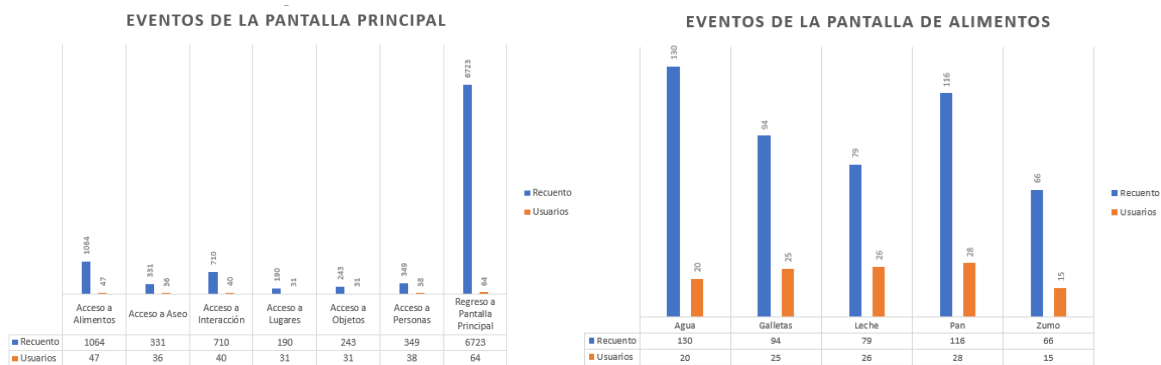


Figura 5-5: Gráficos de las interacciones de los usuarios en las pantallas

También la propia consola de Google Play nos ofrece datos sobre cuántas instalaciones se producen en una serie de periodos de tiempo, cuántas desinstalaciones, cuántas veces falla la aplicación y en qué versiones de Android se descarga.

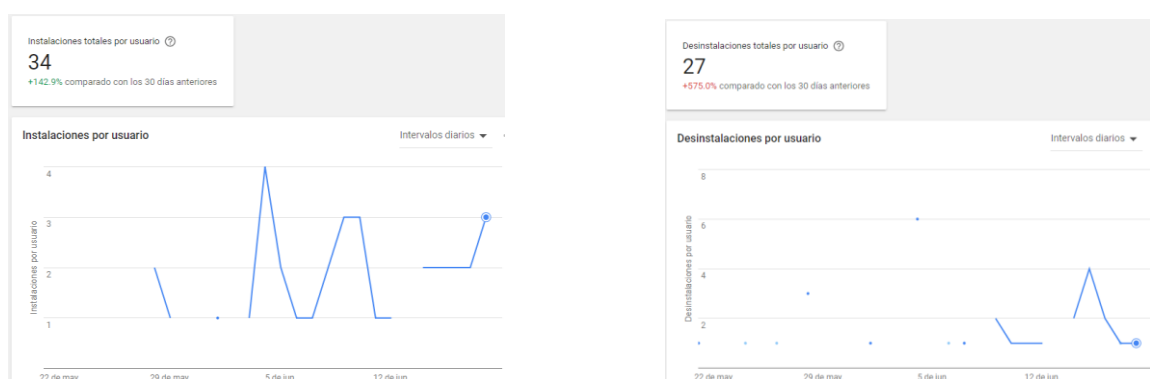


Figura 5-6: Analíticas de instalaciones y desinstalaciones proporcionados por Google Play

Instalaciones en dispositivos activos			
Versión de Android	Totales	% del total ⓘ	+/- en comparación con 18 de may. ⓘ
<input checked="" type="checkbox"/> Todas las versiones de Android	23	100.0%	+91.7%
<input type="checkbox"/> Android 4.4	6	26.1%	+50.0%
<input type="checkbox"/> Android 6.0	4	17.4%	+100.0%
<input type="checkbox"/> Android 7.0	4	17.4%	+100.0%
<input type="checkbox"/> Android 7.1	4	17.4%	+100.0%
<input type="checkbox"/> Android 8.0	3	13.0%	—
<input type="checkbox"/> Android 5.1	2	8.7%	+100.0%
<input type="checkbox"/> Otras	0	0.0%	0.0%

Figura 5-7: Analíticas de los usuarios de la aplicación según su versión de Android

6 Conclusiones y trabajo futuro

6.1 Conclusiones

Este proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación para tabletas con sistema operativo Android con el objetivo de potenciar y facilitar la comunicación espontánea de personas con cualquier tipo de discapacidad que dificulte el lenguaje, como el autismo, mediante un comunicador interactivo.

Para llevar a cabo el objetivo principal se ha desarrollado un proyecto con las siguientes características:

- Pantallas simples, intuitivas y con pocos estímulos.
- Posibilidad mediante pictogramas e imágenes de desarrollar oraciones útiles visualmente y mediante locuciones.
- Acceso sencillo y cómodo.
- Interfaz interactiva y personalizable.
- Posibilidad de ajustar una serie de parámetros y añadir nuevas imágenes por parte de un usuario supervisor.
- Acceso a analíticas mensuales para conocer las necesidades de los usuarios.

En lo que se refiere a los aspectos formativos del TFG, los principales puntos que aprendidos son:

- Lenguaje de programación Java.
- Lenguaje de programación XML.
- Desarrollo de aplicaciones Android y sus características.
- Utilización del entorno Android Studio.
- Preparación, requisitos y publicación de aplicaciones en la plataforma Google Play Store.
- Implementación y utilización del entorno Firebase.

Este proyecto ha sido realizado durante seis meses y se espera seguir desarrollándolo mediante nuevas versiones según las necesidades de los usuarios. En cuanto al trabajo realizado en el entorno de Android Studio, ha sido necesario realizar 22 ficheros de Java para poder realizar todas las funcionalidades requeridas con un total de aproximadamente 13000 líneas de código, y 63 ficheros de XML para el diseño de los diferentes tamaños de pantalla divididos en tres grupos según sus densidades de píxeles (de 400 a 600, de 600 a 720 y a partir de 720) con un total de 11800 líneas de código.

6.2 Trabajo futuro

Para futuras versiones de la aplicación se pueden llevar a cabo una serie de mejoras añadiendo nuevas funcionalidades y optimizaciones para proporcionar una mejor experiencia al usuario y poder llegar a un mayor público:

- Traducción de la aplicación inicialmente al inglés y posteriormente al alemán, al portugués y al italiano.
- Versión disponible para el sistema operativo iOS.
- Realizar el acceso a los ajustes a los usuarios supervisores mediante un registro implementando bases de datos.
- Realizar una versión optimizada para dispositivos móviles.
- Ofrecer la posibilidad de añadir una mayor cantidad de imágenes.
- Ofrecer la posibilidad de que la aplicación se inicie al encender el dispositivo o no.
- Establecer una mayor o menor intensidad del agitado del dispositivo para iniciar la aplicación y mostrarla en primer plano.

Referencias

- [1] Portal Aragonés de la Comunidad Aumentativa y Alternativa, Gobierno de Aragón, 2018. http://www.arasaac.org/pictogramas_color.php
- [2] Fundación Autism Speaks, “CDC increases estimate of autism’s prevalence by 15 percent, to 1 in 59 children”, 26 de Abril de 2018.
<https://www.autismspeaks.org/science/science-news/cdc-increases-estimate-autism%E2%80%99s-prevalence-15-percent-1-59-children>
- [3] Vidmantas Zemleris, Google Play Store, última actualización 14 de Agosto de 2014, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.epfl.android.aac_speech&hl=es
- [4] Grupo de cuatro alumnos de la Universidad Tecnológica Nacional de Costa Rica, Google Play Store, Última actualización 24 de Mardo de 2018, <https://play.google.com/store/apps/details?id=ar.com.velociteam.pictoTEA>
- [5] Elad Elram, Google Play Store, última actualización 8 de Junio de 2018, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.elelad.comboard>
- [6] Plataforma StatCounter, Mayo de 2018, <://gs.statcounter.com/os-market-share/tablet/worldwide/#quarterly-201603-201802>
- [7] Android Developers, “Android 4.4 API”, última actualización 25 de Abril de 2018, <https://developer.android.com/about/versions/android-4.4>
- [8] Android Developers, “Compatibilidad con diferentes pantallas”, última actualización 25 de Abril de 2018, https://developer.android.com/guide/practices/screens_support?hl=es-419
- [9] Android Developers, “Actividades” última actualización 25 de Abril de 2018, <https://developer.android.com/guide/components/activities?hl=es-419>
- [10] Política de Privacidad creada para la publicación de la aplicación en la Google Play Store, última modificación 24 de Marzo de 2018, <https://sites.google.com/view/quierodecirte>
- [11] Curso de programación Android impartido por Codigofacilito, YouTube, 8 de Abril de 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=sS3oDIcHNFo>
- [12] Curso de programación Android impartido por Cesar Augusto Perez Tafur, YouTube, 6 de Enero de 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=Be5yKKIWVrE>
- [13] Guía oficial de Android Developers, última actualización 19 de Abril de 2018, <https://developer.android.com/guide/?hl=es-419>
- [14] Curso de Android Studio por Tutoriales Ya, <http://www.tutorialesprogramacionya.com/javaya/androidya/androidstudioya/>
- [15] Plataforma Web de preguntas y respuestas sobre lenguajes de programación entre una comunidad de usuarios, <https://es.stackoverflow.com/>

Glosario

API	Application Programming Interface
TEA	Trastorno del Espectro Autista
BitMap	Mapa de Bits
APK	Android Application Package
ARASAAC	Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa
DPI	Dots Per Inch

Anexos

A Manual de la aplicación

Esta aplicación tiene como función principal facilitar y potenciar la comunicación para personas con ciertas discapacidades, el funcionamiento de dicha aplicación es el siguiente: Todas las pantallas de la aplicación se implementan en orientación horizontal y en pantalla completa, no mostrando ni la barra de notificaciones ni la de navegación.

Todos los pictogramas utilizados en esta aplicación han sido obtenidos de ARASAAC (Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa), dichos pictogramas son conocidos internacionalmente y relacionados por colores.

La primera pantalla es la pantalla principal, contiene un botón de acceso a los ajustes, tres botones comunes para todas las pantallas, el de “no”, “quiero” y “ayuda”, los botones que direccionan a las seis categorías de la aplicación, con pictogramas y su color de borde correspondiente, en la parte superior un cuadro en el cual aparecen los pictogramas al seleccionarlos, y un botón de borrado que elimina el contenido del cuadro superior.

Las pantallas secundarias, a las cuales se acceden mediante los botones de categorías de la pantalla principal, contienen los botones comunes de “quiero”, “no”, “ayuda” y “borrar”, además de una serie de botones relacionados con la categoría, con sus colores de borde de botón, que al pulsarlos escriben posicionan el pictograma en el cuadro superior y reproducen el sonido correspondiente de dichas palabras, y además un botón de “mas” que direcciona a otra pantalla secundaria igual que las demás, pero con las imágenes propias que puedes seleccionar desde la galería, la cámara, la página de ARASAAC y desde Google Images.

Mediante el desplazamiento de izquierda a derecha y de derecha a izquierda del dedo por la pantalla se puede navegar entre las pantallas secundarias y la principal, además de disponer también de un botón de retorno que dirige a la pantalla principal en cada una de las secundarias, manteniéndose los pictogramas del cuadro superior y las acciones entre pantallas.

En la pantalla principal, al pulsar el botón de ajustes, dirige a una pantalla en la cual pide una clave de administrador para poder acceder a los ajustes de la aplicación, dicha clave es “140318”, si se introduce de forma incorrecta aparece un mensaje de error por pantalla y si se introduce de forma correcta redirige a la pantalla de ajustes de la aplicación, también disponen de dos botones, uno que muestra la información de los autores de la aplicación y otro que muestra el manual de usuario.

La pantalla de ajustes de la aplicación permite configurar dos tiempos de uso de la aplicación en segundos, la primera opción fija el tiempo el cual mientras el usuario se encuentra en una pantalla secundaria, si durante dicho tiempo no muestra ninguna actividad en la aplicación, redirige al usuario a la pantalla principal, mientras que la segunda opción fija el tiempo el cual si el usuario no modifica el cuadro de texto durante dicho tiempo, su contenido se pasa a voz y después se limpia. También se incluye unas

analíticas mensuales que se reinician al comenzar cada mes, proporcionando el número de veces que se utiliza cada pictograma mensualmente, y un botón para añadir nuevas imágenes en la aplicación.

Al añadir imágenes nuevas a la aplicación, deberás elegir a qué categoría corresponde y de dónde quieres seleccionarla, puedes añadir las imágenes desde la propia cámara del teléfono o desde la galería, pudiendo acceder también desde la página de ARASAAC y desde Google Images, pero en los dos últimos casos deberás descargarla y después seleccionarla desde la galería, después de seleccionar la imagen, redireccionará a una pantalla de grabación de audio asociado a la imagen, teniendo 3 segundos de captación de voz. Las imágenes y los sonidos añadidos se almacenan en el propio dispositivo, en el directorio del almacenamiento interno ImagenesApp. Para eliminar las imágenes y los sonidos de la aplicación deberás borrarlos de esta carpeta, eliminando la imagen y su sonido asociado para evitar fallos.

B Pantallas de la aplicación

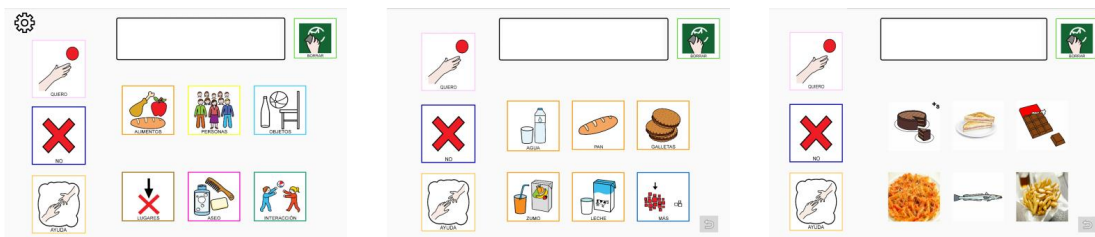


Figura B-1: Pantalla principal – Pantalla de alimentos predeterminada – Pantalla de alimentos personalizable

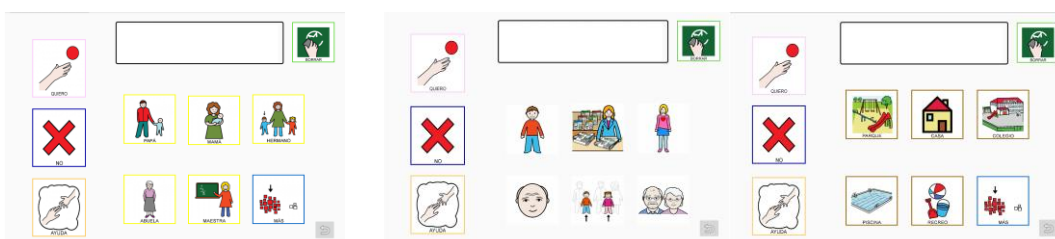


Figura B-2: Pantalla de personas predeterminada – Pantalla de personas personalizable – Pantalla de lugares predeterminada



Figura B-3: Pantalla de lugares personalizable – Pantalla de objetos predeterminada – Pantalla de objetos personalizable

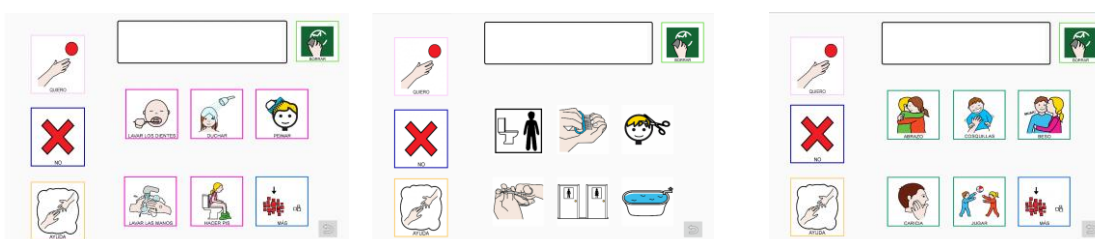


Figura B-4: Pantalla de aseo predeterminada – Pantalla de aseo personalizable – Pantalla de interacción predeterminada

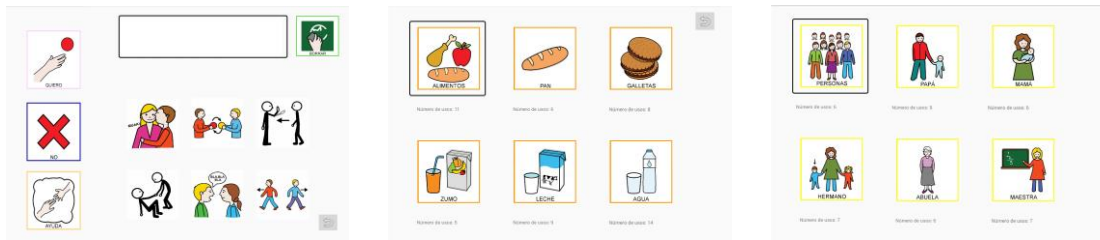


Figura B-5: Pantalla de interacción personalizable – Análisis de los pictogramas de la categoría de alimentos – Análisis de los pictogramas de la categoría de personas



Figura B-6: Análisis de los pictogramas de la categoría de objetos – Análisis de los pictogramas de la categoría de lugares – Análisis de los pictogramas de la categoría de aseo

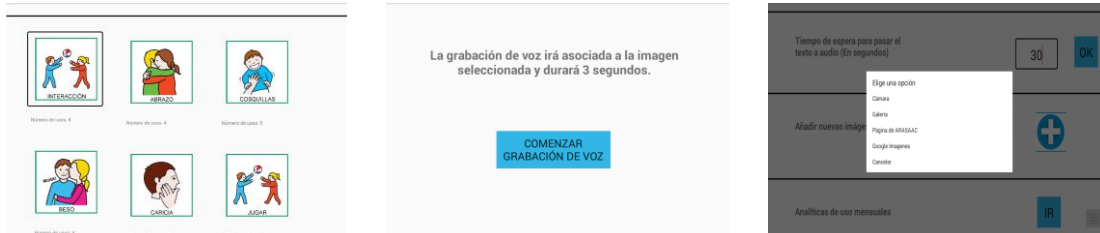


Figura B-7: Análisis de los pictogramas de la categoría de interacción – Pantalla de grabación de voz – Interfaz de selección de nuevas imágenes

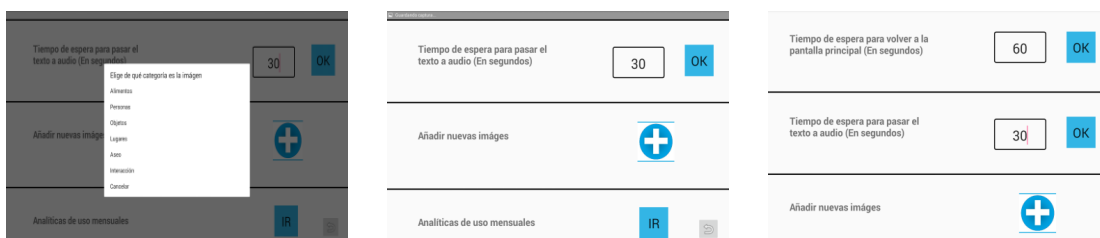


Figura B-8: Interfaz de selección de la categoría de nuevas imágenes – Pantallas de Ajustes



Figura B-9: Interfaz del manual de la aplicación – Interfaz de ABOUT QUIERO DECIRTE – Pantalla de acceso a los ajustes

